

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4346/83

22/8-83

1-83-389

С.Вокал, М.Шумбера

УГЛОВЫЕ СПЕКТРЫ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРОТОНОВ И ЯДЕР УГЛЕРОДА
С ЯДРАМИ ФОТОЭМУЛЬСИИ
ПРИ $p_0 = 4,5$ А ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1983

ВВЕДЕНИЕ

Изучению процесса множественной генерации частиц в адрон-ядерных взаимодействиях посвящено большое число работ. Эти исследования проведены при высоких энергиях первичных частиц /см., например, ^{1,2/} /.

Продолжая цикл работ ^{3-11/}, в которых изучались различные характеристики взаимодействий протонов, дейтронов, α -частиц и ядер ^{12}C с ядрами фотоэмульсии при импульсах $p_0 \sim 4, 2 \div 4, 5 \text{ А ГэВ/с}$ /А - атомный номер ядра-снаряда/, в данной работе мы провели анализ угловых характеристик вторичных частиц во взаимодействиях протонов и ядер углерода с ядрами фотоэмульсии. Использование ядерных фотоэмульсий позволяло регистрировать как быстрые, так и медленные вторичные заряженные частицы с высоким пространственным разрешением. По атомному составу фотоэмульсия позволяет получить характеристики вторичных частиц на ядрах, далеко отстоящих друг от друга по шкале атомных масс.

Вторичные заряженные частицы, изучаемые в настоящей работе, разделены в соответствии с общепринятыми в фотоэмульсионной методике критериями на три типа:

s-частицы, то есть релятивистские частицы с $\beta > 0,7$;

g-частицы, то есть частицы с $\beta \leq 0,7$ и с пробегом в эмульсии $R > 3$ мм/соответствующая кинетическая энергия $26 < T \leq 400 \text{ МэВ/нукл./}$;

b-частицы, то есть частицы с пробегом $R \leq 3$ мм.

Вместе взятые, g- и b-частицы образуют группу сильноионизирующих h-частиц.

Используемые экспериментальные данные /2576 рЕм- и 1006 $^{12}\text{С}$ Ем-событий/ получены в рамках сотрудничества ^{7-9/} по изучению взаимодействий релятивистских протонов и ядер с ядрами.

Целью настоящей работы является анализ угловых характеристик вторичных частиц во взаимодействиях протонов и ядер ^{12}C с ядрами фотоэмульсии, их сопоставление с расчетом по каскадно-испарительной модели /КИМ/ и поиск особенностей, которые могли бы служить указанием на проявление коллективных эффектов в адрон-ядерных взаимодействиях.

1. РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЧАСТИЦЫ

Для анализа основных свойств угловых спектров s-частиц используется переменная $\eta = -\ln \text{tg}(\theta/2)$ - квазибыстрота, которая является хорошим приближением к продольной быстроте

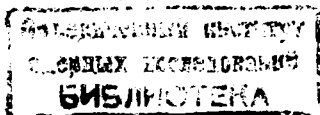


Таблица 1

N_h	$\langle \eta \rangle$		σ_η	
	P	^{12}C	P	^{12}C
0-1	2.18 ± 0.04 (1.86)	2.09 ± 0.06 (1.99)	1.23 ± 0.04 (0.99)	1.15 ± 0.08 (0.93)
2-5	1.71 ± 0.03 (1.64)	1.91 ± 0.03 (1.85)	1.11 ± 0.03 (0.99)	0.98 ± 0.03 (0.99)
6-9	1.44 ± 0.04 (1.34)	1.87 ± 0.03 (1.80)	1.00 ± 0.03 (1.03)	0.97 ± 0.04 (1.03)
10-14	1.09 ± 0.05 (1.09)	1.76 ± 0.04 (1.70)	0.99 ± 0.05 (0.99)	1.01 ± 0.04 (1.02)
15-19	0.84 ± 0.05 (1.03)	1.62 ± 0.04 (1.65)	0.85 ± 0.05 (0.98)	0.99 ± 0.04 (1.05)
20-27	0.78 ± 0.09 (0.84)	1.49 ± 0.03 (1.53)	1.05 ± 0.12 (1.15)	0.92 ± 0.03 (1.04)
28-32	—	1.37 ± 0.04 (1.43)	—	0.95 ± 0.04 (1.06)
33-39	—	1.32 ± 0.04 (1.33)	—	0.97 ± 0.04 (1.03)
≥ 40	—	1.30 ± 0.05 (1.25)	—	0.90 ± 0.04 (1.02)

$y = 0,5 \ln \{ (E + p_{\parallel}) / (E - p_{\parallel}) \}$
для релятивистских пионов / θ -
пространственный угол вылета
в лабораторной системе координат/.

В табл.1 представлены средние
значения квазибыстрот s -частиц

и стандартные отклонения / $\sigma_\eta =$
 $= \sqrt{D_\eta}$) η - распределений для
различных интервалов множественности N_h , то есть в зависимости
от степени разрушения ядра-мишени. Видно, что средние значения
квазибыстрот s -частиц уменьшаются с ростом числа h -частиц,
при этом дисперсии угловых распределений слабо зависят от N_h .
Отметим, что в ^{12}C $E_{\text{м-взаимодействиях}}$ угловое распределение
 s -частиц смещается в сторону меньших η /больших углов/ заметно
медленнее, чем это имеет место в pEm -соударениях. Расчет по КИМ^{12/1*} в обоих случаях

качественно описывает экспериментальные данные. В предположении
степенной зависимости средних значений $\langle \eta \rangle$ от атомного номера
налетающей частицы, то есть $\langle \eta \rangle \sim A_c^\alpha$, получено, что параметр α
меняется от отрицательных значений $\alpha = -0,02 \pm 0,01$ для событий
с $N_h = 0,1$ до значений $\alpha = 0,26 \pm 0,05$ при $N_h = 15-19$.

На рис.1 приведена энергетическая зависимость средних значений
 $\langle \eta \rangle$ для pEm -взаимодействий с различным числом h -частиц.
Видно, что:

а/ в диапазоне энергий $E_0 \sim 4 \div 400$ ГэВ $\langle \eta \rangle$ увеличивается приблизительно в два раза;

б/ тенденция смещения $\langle \eta \rangle$ в сторону меньших значений /больших углов/ с ростом энергии, передаваемой ядру-мишени /то есть с ростом N_h /, сохраняется в одинаковой мере и при более высоких энергиях первичных протонов;

в/ при аппроксимации данных с $N_h > 0$ при $E_0 \geq 4$ ГэВ логарифмической зависимостью получается

$$\langle \eta \rangle = 0,33 \ln E_0 + 1,0, \quad //$$

где E_0 дано в ГэВ /полная энергия первичного протона/, причем наклон кривой /см.рис.1/ меньше, чем это имеет место при энер-

* Рассчитанные по КИМ значения приведены в скобках в табл.1.

Таблица 2

	4,5 ГэВ/с		70 ГэВ/с	
	$\langle \eta \rangle$	σ_η	$\langle \eta \rangle$	σ_η
p(C,O)	1.79 ± 0.04	1.23 ± 0.03	2.53 ± 0.04	1.35 ± 0.02
$\text{p(Br,Ag), } N_h > 0$	1.49 ± 0.02	1.12 ± 0.02	2.24 ± 0.04	1.34 ± 0.02
$N_h > 18$	0.81 ± 0.05	0.85 ± 0.12	1.76 ± 0.02	1.18 ± 0.01
$N_h < 6$	1.87 ± 0.03	1.11 ± 0.04	—	—

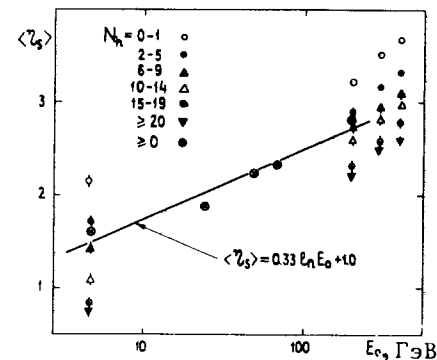


Рис.1

гиях первичных протонов от 200 до 400 ГэВ, в^{13/} получено, что
 $\langle \eta \rangle = 0,5 \ln E_0 + \text{const}$.

Чтобы рассмотреть зависимость угловых спектров s -частиц от
типа ядра-мишени, в табл.2 приведены значения $\langle \eta \rangle$ и σ_η для
взаимодействий протонов с импульсом 4,5 ГэВ/с с ядрами ^{12}C , O,
(Br, Ag) и для периферических столкновений с ядрами (Br, Ag),
отобранных при условии $N_h < 7^{19/}$. Для сравнения представлены ана-
логичные данные при более высоких энергиях^{14/}. Анализируя эти
данные, можно сказать:

а/ увеличение атомного веса ядра-мишени приводит к уменьше-
нию $\langle \eta \rangle$, ширина η -распределений изменяется слабо с ростом A_T
/несколько уменьшается/;

б/ в предположении степенной зависимости средних значений
 $\langle \eta \rangle$ от A_T получено, что показатель степени α равен $-0,10 \pm 0,02$
/ $-0,06 \pm 0,02$ / при $p_0 = 4,5$ ГэВ/с /70 ГэВ/с/. Значит, смещение
 $\langle \eta \rangle$ к меньшим значениям вследствие большого количества ядерной
материи на пути частиц происходит медленнее при высоких энергиях
первичных протонов;

в/ при переходе от периферических к центральным столкновениям
с ядрами (Br, Ag) $\langle \eta \rangle$ уменьшается в два раза, а само распре-
деление становится уже. Оно слабо зависит от энергии первичных
частиц;

г/ рост энергии протонов приводит к смещению $\langle \eta \rangle$ к большим
значениям квазибыстрот /к меньшим θ /; дисперсии распределений
при этом слабо растут.

Изучена зависимость отношения нормированных инклюзивных спектров

$$r_s(\eta) = \left(\frac{1}{N_{\text{собр}}} \frac{dN}{d\eta} \right)^{\text{p(Br, Ag)}} / \left(\frac{1}{N_{\text{собр}}} \frac{dN}{d\eta} \right)^{\text{p(C,O)}} \quad //2/$$

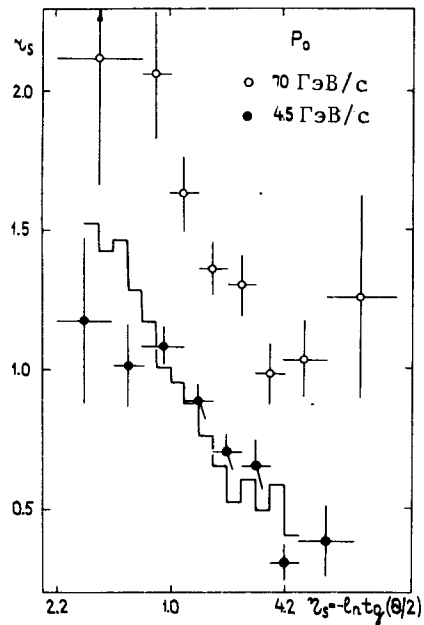


Рис. 2

от η /рис.2/ для взаимодействий протонов с $p_0 = 4,5$ и 70 ГэВ/с. Видим, что:

а/ отношение инклюзивных спектров $r_s(\eta) < 1$ при $\eta > \eta_0$ ($\eta_0 \approx 1,4$) и $r_s(\eta) > 1$ при $\eta < \eta_0$ для нашей первичной энергии;

б/ поведение $r_s(\eta)$ при обеих энергиях приблизительно одинаково, хотя они различаются примерно в два раза по своей величине;

в/ значения $r_s(\eta)$ изменяются монотонно от значений $0,3$ / $1,0$ / при максимальных η до $\sim 1,2$ / $2,1$ / при $\eta \leq 0$ для первичных импульсов $4,5$ ГэВ/с / 70 ГэВ/с/. Это, по-видимому, можно объяснить генерацией частиц в ядре вторичными энергетичными адронами и/или повторными соударениями первичной частицы внутри ядра-мишени^{/15/};

г/ КИМ /гистограмма на рис.2/ для рЕм-взаимодействий при

$p_0 = 4,5$ ГэВ/с качественно передает ход этой зависимости, есть однако тенденция к завышению выхода s-частиц в р (Br, Ag)-соударениях в области фрагментации ядра-мишени, что может служить указанием на завышение роли каскадирования в КИМ.

Если аппроксимировать зависимость числа частиц в различных интервалах $\Delta\eta$ от A_T простой степенной функцией типа $\Delta n_s(\eta, p_0) \sim A_T^\alpha$, то показатель степени α будет монотонно возрастать при уменьшении η от отрицательных значений $\sim -0,2$ при максимальных η до значений $\sim 0,9$ при минимальных η . Характер этой зависимости сохраняется, по-видимому, и при высоких энергиях: для π -Ем-соударений при $p_0 = 200$ ГэВ/с /1/ $\alpha = 0,4 \pm 0,5$ при минимальных η .

n_g является мерой числа внутриядерных столкновений ν первичного адрона^{/2/}. Поэтому интересно рассмотреть зависимость угловых спектров от числа g-частиц в событии. На рис.3 представлена зависимость средних значений квазибыстроты s-частиц от числа g-частиц в событии для рЕм-соударений при разных p_0 . Анализируя эти данные, можно заключить следующее:

а/ с ростом n_g центры распределений смещаются в сторону больших углов, при этом в диапазоне $n_g \approx 0 \div 6$ при всех p_0 наблюдается сильная зависимость от n_g с выходом на плато при больших значениях n_g , то есть при большом числе внутриядерных столкновений;

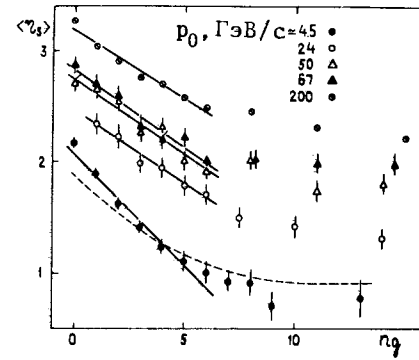


Рис. 3

б/ зависимость $\langle \eta \rangle$ от n_g описывается при $n_g \leq 6$ линейной функцией

$$\langle \eta \rangle = \eta_0 - a n_g, \quad /3/$$

при этом для протонов с $p_0 = 4,5$ ГэВ/с получено $\eta_0 = 2,07$ и $a = 0,20$;

в/ при импульсах $p_0 \geq 20$ ГэВ/с наблюдается независимость коэффициента a от p_0 ($a \approx 0,12-0,13$)^{/16/}, с переходом в область меньших p_0 наклон прямых на рис.3 увеличивается, значения η_0 растут с увеличением p_0 ;

г/ смещение угловых спектров s-частиц к большим значениям η с ростом p_0 происходит быстрее при больших значениях n_g ;

д/ при $p_0 = 4,5$ ГэВ/с проведено сравнение с расчетом по КИМ /штриховая кривая на рис.3/, результаты которого качественно описывают поведение этой зависимости в рамках данной модели. Следует, однако, отметить, что при $n_g \leq 2$ нет количественного согласия экспериментальных и теоретических значений $\langle \eta \rangle$, в КИМ происходит смещение угловых спектров в сторону больших углов. Отмеченный факт, по нашему мнению, связан с переоценкой роли перерассеяний рожденных частиц внутри ядра-мишени при малом числе столкновений лидирующей частицы внутри ядра и/или с плохим учетом характеристик элементарного акта, что уже отмечалось нами в^{/8/}.

Зависимость $\langle \eta \rangle$ от $\sqrt{n_g}$ близка к линейной при нашем p_0 , что находится в полном согласии с результатами работы^{/16/}, полученными при высоких энергиях. В^{/17/} показано, что $\langle \nu \rangle = f(n_g) = \sqrt{n_g}$, и можно предположить, что $\langle \eta \rangle \sim \langle \nu \rangle$.

2. СИЛЬНОИОНИЗИРУЮЩИЕ ЧАСТИЦЫ

Угловые распределения g- и b-частиц представлены на рис.4. Видно, что:

а/ для обеих первичных частиц угловые спектры сильноионизирующих частиц хорошо воспроизводятся экспоненциальными функциями типа

$$\rho = \frac{1}{N} \frac{dN}{d \cos \theta} \sim \exp(b \cos \theta), \quad /4/$$

где N - полное число треков данного типа. Параметры наклона b показаны на рисунке / $b = \ln F/V$, F/V - отношение числа g-частиц, испущенных в переднюю и заднюю полусферы в л.с.к./;

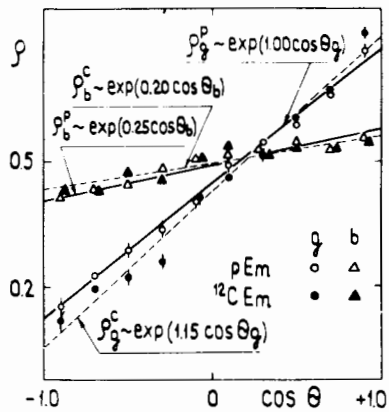
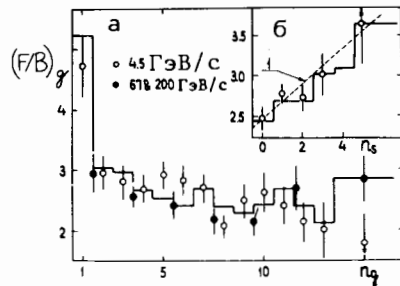


Рис. 4

Рис. 5



б/ для самых медленных b -частиц не наблюдается различий между pEm - и ^{12}CEm -взаимодействиями;

в/ в нашей предыдущей работе ^{18/} наблюдалось такое же поведение угловых спектров g - и b -частиц при переходе от группы ядер (Br, Ag) к (C, O) при одном и том же снаряде. Таким образом, ужесточение спектров g -частиц при переходе от pEm -к ^{12}CEm -соударениям связано и с перераспределением вкладов, вносимых взаимодействиями на легких и тяжелых ядрах фотоэмульсии, при увеличении массы снаряда.

Была рассмотрена зависимость угловых спектров g -частиц от числа h -частиц в событии. Получено, что $\cos \theta_g$ -распределения в pEm -взаимодействиях при всех N_h сильно асимметричны и с увеличением энергии, передаваемой ядру-мишени, слабо уменьшается. Отметим, что для $p(Br, Ag)$ -взаимодействий при $E_0 \approx 4 \div 10$ ГэВ угловые спектры g -частиц мало зависят /или совсем не зависят/ от E_0 ^{18,19/}.

Чтобы проследить влияние числа g - и s -частиц в событии на степень асимметрии угловых распределений g -частиц в pEm -соударениях, на рис.5 приводим зависимость $(F/B)_g$ от n_g /рис.5а/ и от n_s /рис.5б/.

Видно, что:

а/ с ростом n_g , то есть с ростом числа внутриядерных столкновений, степень асимметрии угловых спектров слабо уменьшается, исключение составляют события с $n_g = 1$, в группу которых большой вклад вносят взаимодействия нуклон-нуклонного типа;

б/ из сравнения с данными при высоких энергиях ^{20/} вытекает, что характер поведения $(F/B)_g = f(n_g)$ мало зависит от энергии первичного протона;

в/ наблюдается сильная корреляция между степенью асимметрии угловых спектров g -частиц и числом релятивистских частиц в событии, довольно хорошо эту зависимость можно описать линейной функцией $(F/B)_g = 2,44 + 0,22 n_g$;

г/ расчет по КИМ /гистограмма на рис.5/ удовлетворительно воспроизводит ход зависимости $(F/B)_g$ от n_g и n_s .

С другой стороны, было показано, что асимметрия угловых спектров самых медленных b -частиц почти не зависит ни от энергии возбуждения ядра-мишени /характеризуемой выходом испарительных частиц/, ни от числа внутриядерных соударений /то есть n_g /, ни, наконец, от числа быстрых s -частиц. Расчет по КИМ удовлетворительно воспроизводит эти закономерности, за исключением зависимости от n_g , где отношение $(F/B)_b$ в КИМ ниже, чем полученное в эксперименте. Сравнение с результатами ^{20/} при высоких энергиях первичных протонов / $E_0 \approx 67$ и 200 ГэВ/ показало, что степень асимметрии угловых спектров b -частиц одна и та же при энергиях первичных частиц $E_0 \approx 4 \div 200$ ГэВ.

В дальнейшем представлены результаты поиска коллективных эффектов в угловых спектрах h -частиц, то есть в основном фрагментов ядра-мишени с кинетической энергией ≤ 400 МэВ/нуклон. Для обнаружения этого явления следует отобрать события центрального типа /с малым параметром соударения/, в которых количество произошедших нуклонов максимально.

Отношение инклюзивных распределений g - и b -частиц в данном классе $^{12}C(Br, Ag)$ -соударений к событиям $p(Br, Ag)$ с $N_h \geq 7$ в зависимости от $\cos \theta_{g,b}$ /рис.6/:

$$r_{g,b} = \left(\frac{1}{N_{\text{собр}}} \frac{dN}{d \cos \theta_{g,b}} \right)^{^{12}C(Br, Ag)} / \left(\frac{1}{N_{\text{собр}}} \frac{dN}{d \cos \theta_{g,b}} \right)^{p(Br, Ag), N_h \geq 7} = f(\cos \theta_{g,b}) \cdot 1/5/$$

показывает, что:

а/ с уменьшением прицельного параметра заметно увеличивается значение r_g в передней полусфере в л.с.к. /примерно в три раза при переходе от $N_h \geq 7$ к $N_h \geq 40$ /;

б/ с ростом N_h все более выразительно проявляется структура в $\cos \theta_g$ -распределении, особенно увеличивается выход g -частиц в диапазоне $\theta_g \sim 50 \div 80^\circ$;

в/ расчет по данной версии КИМ /гистограмма на рис.6/ не воспроизводит зависимости r_g от $\cos \theta_g$ для непериферических $^{12}C(Br, Ag)$ -соударений и с ростом N_h степень расхождения увеличивается;

г/ форма спектра в КИМ приблизительно одна и та же при любых N_h , поэтому при расчете по данной версии КИМ, возможно, переоценивается перераспределение g -частиц и/или рядом с каскадным механизмом реализуется какой-то другой коллективный, например, механизм типа ударной волны ^{21/}, который позволяет качественно объяснить повышенный выход g -частиц в диапазоне углов $\theta_g \approx 50 \div 80^\circ$ в центральных $^{12}C(Br, Ag)$ -взаимодействиях;

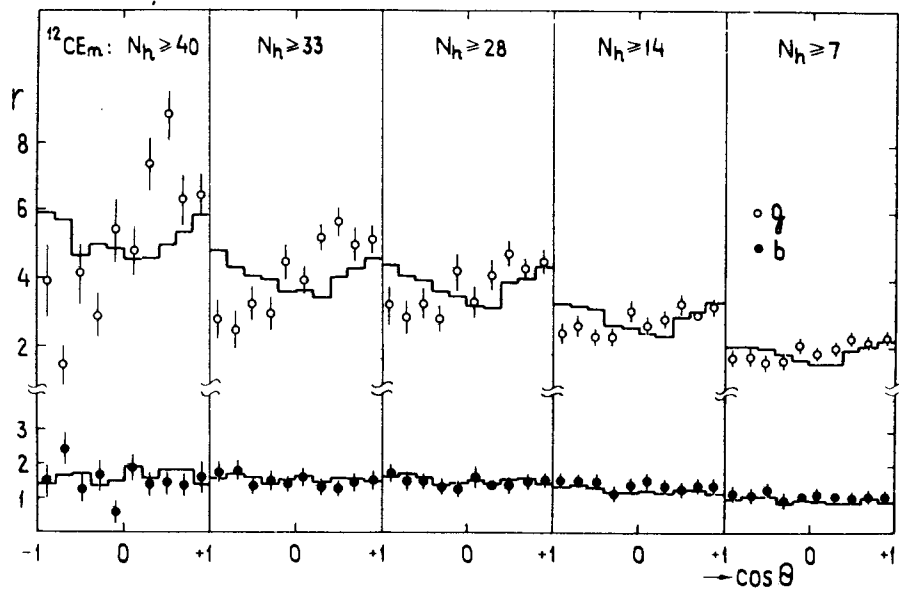


Рис. 6

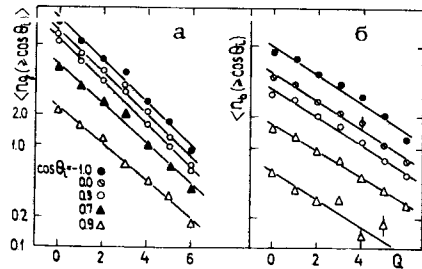


Рис. 7

д/ величина τ_b , с другой стороны, не зависит от степени возбуждения ядер Вг и Аг первичными ядрами ^{12}C и хорошо воспроизводится расчетом по КИМ.

Зависимость угловых спектров h-частиц от числа взаимодействовавших нуклонов n_{int} ядра-снаряда ($n_{\text{int}} \sim 12-2Q$, Q - суммарный заряд не взаимодействовавших фрагментов ядра ^{12}C с $\theta < 3^\circ$) изучалась раньше в работе [7], где

было показано, что угловые спектры фрагментов ядра-мишени довольно устойчивы к изменению Q.

На рис. 7 представлены средние числа g- и b-частиц, испускаемых под углом $\theta < \theta_i$ в л.с.к. /то есть $\cos \theta > \cos \theta_i$ / в зависимости от суммарного заряда Q не взаимодействовавших фрагментов ядра. Хорошо видно, что при любом выборе критического угла θ_i выход изучаемых частиц с ростом Q /то есть с уменьшением n_{int} / падает и ход этой зависимости удовлетворительно описывается функцией типа

$$\langle n_{g,b}(\geq \cos \theta_i) \rangle = a_{g,b} \exp(-b_{g,b} Q).$$

/6/

Для g-частиц параметр a_g в /6/ принимает значения $a_g^2 \approx 178-181 \cos \theta_i$, а параметр $b_g \approx 0,48$ для $\cos \theta_i \leq 0,6$ с дальнейшим увеличением $\cos \theta_i$ слабо падает, достигая значений $b_g \approx 0,42$ при $\cos \theta_i = 0,9$. Для самых медленных b-частиц параметр $b_b = 0,3$.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа угловых спектров разных типов вторичных заряженных частиц, испускаемых во взаимодействиях протонов и ядер ^{12}C с импульсом $p_0 = 4,5$ ГэВ/с с ядрами фотозэмульсии, показано следующее:

Для релятивистских частиц:

а/ существует приблизительно логарифмическая зависимость среднего значения псевдобыстроты от энергии первичного протона в диапазоне энергий $E_0 \approx 3-200$ ГэВ:

$$\langle \eta \rangle = 0,33 \ln E_0 + 1,0;$$

б/ в предположении, что число внутриядерных столкновений $\langle \nu \rangle \sim \sqrt{n_g}$, зависимость $\langle \eta \rangle$ от $\langle \nu \rangle$ становится близкой к линейной;

в/ в точке $\eta_0 \approx 1,4$ отношение инклюзивных спектров на ядрах (Вг, Аг) и (С, О) $r(\eta_0) = 1$, при $\eta > \eta_0$ $r(\eta) < 1$ и при $\eta < \eta_0$ $r(\eta) > 1$;

г/ в предположении степенной зависимости выхода s-частиц $\Delta n_s(\eta, p_0) \sim A_T^a$ показатель степени монотонно возрастает при уменьшении η .

д/ КИМ качественно описывает поведение угловых спектров s-частиц.

Для низкоэнергетических частиц:

а/ угловые спектры g- и b-частиц хорошо описываются экспоненциальными зависимостями, при этом наклон этих кривых для g-частиц в ^{12}C Em-взаимодействиях больше, чем в pEm-взаимодействиях. Для b-частиц различия практически нет;

б/ форма угловых спектров g-частиц почти не зависит от E_0 и с ростом степени возбуждения ядра-мишени слабо уменьшается асимметрия их угловых распределений;

в/ существует сильная линейная корреляция между степенью асимметрии угловых спектров g-частиц и числом релятивистских частиц в событии в pEm-взаимодействиях;

г/ свойства угловых распределений b-частиц мало зависят от энергии первичного протона, от энергии, передаваемой ядру-мишени,

от числа внутриядерных столкновений и от числа рожденных во взаимодействиях частиц;

д/ с ростом степени расщепления ядер Вг и Аg первичными ядрами ^{12}C заметно увеличивается выход γ -частиц в диапазоне $\theta_{\gamma} \approx 150\div 80^\circ$ в сравнении с $p(\text{Вг}, \text{Аg})$ -взаимодействиями;

е/ выход γ - и β -частиц в конусе с углом раствора θ_i удовлетворительно описывается экспоненциальной зависимостью от Q с приблизительно одним и тем же наклоном кривых;

ж/ КИМ описывает средние характеристики и дифференциальные угловые спектры h -частиц, однако зависимость r_{γ} от $\cos\theta_{\gamma}$ не согласуется с КИМ, что может служить указанием на проявление коллективных эффектов в центральных ядро-ядерных соударениях.

Авторы благодарят Б.П.Банника, К.Г.Гуламова и В.А.Плющева за ценные обсуждения и Ж.Ж.Мусульманбекова за оказанную помощь при расчетах по КИМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуламов К.Г., Гулямов У.Г., Чернов Г.М. ЭЧАЯ, 1978, 9, с.554.
2. Азимов С.А. и др. В кн.: Взаимодействия частиц с ядрами при высоких энергиях. "Фан", Ташкент, 1981, с.3.
3. Богачев Н.И. и др. ОИЯИ, Р1-6877, Дубна, 1972.
4. Salzman J.A. et al. Nucl.Phys., 1973, A208, p.628.
5. Толстов К.Д. и др. ОИЯИ, Р1-8313, Дубна, 1974.
6. Shabratova G.S. et al. Acta Phys.Slov., 1978, 28, p.132.
7. Марин А. и др. ЯФ, 1979, 29, с.105; ЯФ, 1980, 32, с.1379; ЯФ, 1980, 32, с.1387.
8. Bubnov V.I. et al. Z. Phys.A: Atoms and Nuclei, 1981, 302, p.133.
9. Бубнов В.И. и др. Препринт ИФВЭ, 81-11, Алма-Ата, 1981.
10. Вокал С., Шумбера М. ОИЯИ, 1-82-388, Дубна, 1982.
11. Abdelsalam A., Šumbera M., Vokál S. JINR, E1-82-509, Dubna, 1982.
12. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействия высокоэнергичных частиц и атомных ядер с ядрами. Атомиздат, М., 1972.
13. Otterlund I. Preprint LUIP, 7904, Lund, 1979.
14. Шабратова Г.С. ОИЯИ, 1-80-306, Дубна, 1980.
15. Басова Е.С. и др. Препринт ИЯФ АН УзССР, Р-7-54, Ташкент, 1981.
16. Гуламов К.Г. и др. В кн.: Множественные процессы при высоких энергиях. "Фан", Ташкент, 1976, с.78.
17. Hegab M.K., Hüfner J. Phys.Lett., 1981, B105, p.103.
18. Badawy O.E., Abdo K.M., Tawfik M. Acta Phys.Hung., 1977, 43, p.269.

19. Winzeller H. Nucl.Phys., 1965, 69, p.661.
20. Babecki J., Nowak G. Raport No. 1050/PH, Krakow, 1979.
21. Baumgardt H.G., Schopper E. J.Phys.G: Nucl.Phys., 1979, 5, p.231.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, ИРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Вокал С., Шумбера М.

1-83-389

Угловые спектры вторичных частиц во взаимодействиях протонов и ядер углерода с ядрами фотозмульсии при $p_0 = 4,5 \text{ А ГэВ/с}$

Проведен анализ угловых спектров вторичных заряженных частиц во взаимодействиях протонов и ядер углерода с ядрами фотозмульсии при $p_0 = 4,5 \text{ А ГэВ/с}$. В случае взаимодействий протона с ядром рассмотрена зависимость угловых распределений от типа ядра-мишени и от первичной энергии. На основе сравнительного анализа угловых характеристик сильноионизирующих частиц в p - и ^{12}C -ядерных соударениях было определено, что с ростом степени расщепления ядер Br и Ag первичными ядрами углерода заметно увеличивается выход g -частиц в диапазоне углов эмиссии $\theta_g \approx 50-80^\circ$ в сравнении с периферическими $p(\text{Br}, \text{Ag})$ -взаимодействиями. Проведено количественное сравнение с результатами расчетов, полученными на основе каскадно-испарительной модели.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Vokál S., Šumbera M.

1-83-389

Angular Spectra of Secondary Particles Emitted in the Interactions of Protons and Carbon Nuclei with Photoemulsion Nuclei at $p_0 = 4.5 \text{ А GeV/c}$

Analysis of the angular spectra of secondary charged particles has been carried out for the case of proton and carbon nuclei interactions with photoemulsion nuclei at $p_0 = 4.5 \text{ А GeV/c}$. A dependence of the angular distributions for p -nucleus interactions both on the mass-number of target-nucleus and primary energy has been studied. On the basis of comparative analysis of angular characteristics of heavily ionizing particles produced at p - and ^{12}C -nucleus collisions it was found that with the increasing degree of disintegration of AgBr nuclei by primary carbon nucleus there is a noticeable increase in the yield of the g -particles emitted into the angular interval $\theta_g \approx (50-80)^\circ$ as compared to the nonperipheral $p(\text{AgBr})$ interactions. Quantitative comparison to the cascade-evaporation model based calculations was performed.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.